

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Patentschrift**  
(10) DE 101 58 337 C 1

(51) Int. Cl. 7:

F 02 M 45/08

F 02 M 47/02

F 02 M 61/18

- (21) Aktenzeichen: 101 58 337.0-13  
(22) Anmeldetag: 28. 11. 2001  
(43) Offenlegungstag: -  
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 22. 5. 2003

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:

Dreiss, Fuhlendorf, Steinle & Becker, 70188 Stuttgart

(72) Erfinder:

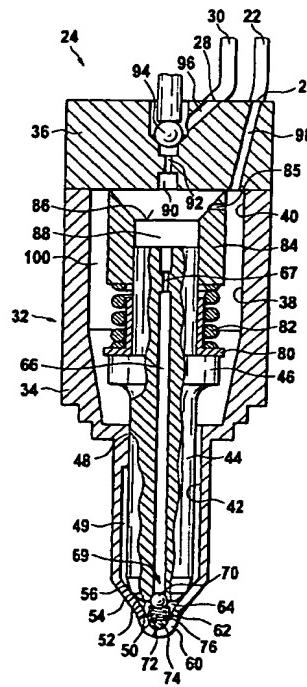
Mattes, Patrick, 70569 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 28 912 A1

(54) Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, insbesondere Injektor für Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung, sowie Kraftstoffsystem und Brennkraftmaschine

(57) Eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) umfasst ein Gehäuse (32), in dem eine Ausnehmung (38) vorhanden ist. Ein Ventilelement (44) ist in der Ausnehmung (38) angeordnet und arbeitet mit dem Ventilsitz (58) zusammen. Eine Fluidverbindung (100) verbindet einen Hochdruckanschluss (23) mit einem unmittelbar stromauwärts vom Ventilsitz (58) angeordneten ersten Strömungsraum (49). Dieser wird von einer ersten Druckfläche (56) des Ventilelements (44) begrenzt. Ein zweiter Strömungsraum (64) ist stromabwärts vom Ventilsitz (58) ausgebildet und wird von einer zweiten Druckfläche (50, 52) begrenzt. Um den Einfluss von Fertigungstoleranzen zu minimieren, wird vorgeschlagen, dass eine zweite Fluidverbindung (66) vorhanden ist, welche von dem zweiten Strömungsraum (64) zu einem Entlastungsbereich (88) führt, und dass eine Entlastungsventileinrichtung (69) vorhanden ist, welche die zweite Fluidverbindung (66) bei geschlossenem Ventilelement (44) sperrt und bei geöffnetem Ventilelement (44) freigibt.



## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft zunächst eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, insbesondere Injektor für Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung, mit einem Gehäuse, welches eine Ausnehmung und mindestens eine Kraftstoff-Austrittsöffnung umfasst, mit einem Ventilelement, welches in der Ausnehmung angeordnet ist und mit einem Ventilsitz zusammenarbeitet, und mit einer Fluidverbindung, welche einen Hochdruckanschluss mit einem unmittelbar stromaufwärts vom Ventilsitz angeordneten ersten Strömungsraum verbindet, welcher von einer ersten Druckfläche des Ventilelements begrenzt wird, mit einem stromabwärts vom Ventilsitz ausgebildeten zweiten Strömungsraum, welcher von einer zweiten Druckfläche des Ventilelements begrenzt wird, mit einer zweiten Fluidverbindung, welche von dem zweiten Strömungsraum zu einem Entlastungsbereich führt, und mit einer Entlastungsventileinrichtung, welche die zweite Fluidverbindung bei geschlossenem Ventilelement sperrt und bei geöffnetem Ventilelement freigibt.

[0002] Eine derartige Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist aus der DE 39 28 912 A1 bekannt. Bei diesem wird ein Steuerraum durch eine axiale Endfläche einer Ventilnadel begrenzt. Ein Zulaufkanal führt zu dem Steuerraum. Auf der axialen Endfläche der Ventilnadel gegenüberliegenden Seite wird der Steuerraum durch ein Gehäuseteil begrenzt, in dem ein Ablauftunnel vorhanden ist. Der Zulaufkanal ist mit einem Hochdruckzulauf verbunden, wohingegen der Ablauftunnel über ein Steuerventil mit einem Niederdruckbereich verbunden werden kann.

[0003] An einer ringförmigen ersten Druckfläche der Ventilnadel, deren Kraftresultierende entgegengesetzt zur Kraft resultierenden einer axial endseitigen Druckfläche der Ventilnadel ausgerichtet ist, liegt der normale hohe Fluideindruck an. Um die Ventilnadel von ihrem Ventilsitz abzuheben, wird der Druck im Steuerraum durch eine entsprechende Schaltung des Steuerventils abgesenkt. Bei einer ausreichenden Druckdifferenz ergibt sich eine resultierende Kraft, welche die Ventilnadel von ihrem Ventilsitz abhebt.

[0004] Die Öffnungsgeschwindigkeit der Ventilnadel hängt u. a. auch von der Öffnungskraft ab, welche an der Ventilnadel angreift. Auch der zeitliche Verlauf der Öffnungsgeschwindigkeit hängt von der Öffnungskraft und deren Aufbau ab. Da unmittelbar nach dem Abheben der Ventilnadel vom Ventilsitz der hydraulische Druck an einer stromabwärts vom Ventilsitz gelegenen zweiten Druckfläche an der Ventilnadel angreifen kann, ergibt sich üblicherweise mit dem Hub der Ventilnadel ein Anstieg der Öffnungskraft und somit auch der Öffnungsgeschwindigkeit.

[0005] Aufgrund von geometrischen Toleranzen, welche fertigungsbedingt bei den bekannten Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen vorliegen, muss im Hinblick auf die Öffnungsgeschwindigkeiten und deren Verlauf von Streuungen von einem Exemplar zu einem anderen Exemplar der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ausgegangen werden.

[0006] Dem wird bei der bekannten Vorrichtung unter anderem dadurch begegnet, dass der zweite Strömungsraum über einen im Ventilelement verlaufenden Kanal mit einem Entlastungsbereich verbunden werden kann. Somit kann der Druckanstieg im zweiten Strömungsraum dann, wenn das Ventilelement vom Ventilsitz abhebt, beeinflusst werden. Daher ist der Druckanstieg nicht mehr ausschließlich vom Spaltmaß zwischen Ventilelement und Ventilsitz abhängig, welches wiederum Fertigungstoleranzen unterliegt. Diese Maßnahme reduziert somit den Einfluss dieses sich bei öffnendem Ventilelement ergebenden Spaltmaßes und in der

Folge auch den Einfluss der Fertigungstoleranzen. Mit der bekannten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung kann daher gegebenenfalls auf eine Vorklassifizierung und einen entsprechend klassierten Verbau in den Brennkraftmaschinen verzichtet werden.

[0007] Dadurch, dass die an der zweiten Druckfläche angreifende hydraulische Kraft zur Öffnungskraft des Ventilelements weniger beiträgt, verringert sich auch die Öffnungsgeschwindigkeit des Ventilelements. Dies ermöglicht es als zweiten Vorteil der bekannten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, Kraftstoff-Kleinstmengen mit hoher Präzision einspritzen zu können.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass der Druckverlauf und der Verlauf der Öffnungsgeschwindigkeit mit möglichst großer Genauigkeit eingestellt werden können und die Vorrichtung dabei einfach und preiswert hergestellt werden kann.

[0009] Diese Aufgabe wird bei einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Entlastungsventileinrichtung ein mit dem Ventilelement zusammenwirkendes Ventilelement umfasst, welches von einem Vorspannelement beaufschlagt wird.

25

## Vorteile der Erfindung

[0010] Durch das vorgespannte Ventilelement kann die Entlastungsfunktion sehr präzise gesteuert werden. Der Druckverlauf kann daher sehr genau eingestellt werden. Ferner ist eine solche Entlastungsventileinrichtung einfach zu bauen. Im allereinfachsten Fall handelt es sich bei der Entlastungsventileinrichtung einfach um ein federbeaufschlagtes Rückschlagventil.

[0011] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0012] In einer ersten Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass in der zweiten Fluidverbindung eine Strömungsdrossel angeordnet ist. Eine derartige Strömungsdrossel bietet die Möglichkeit, den Druckverlauf in dem zweiten Strömungsraum unmittelbar nach dem Abheben des Ventilelements vom Ventilsitz in einer gewünschten Art und Weise zu gestalten. Der Einspritzverlauf, welcher im Betrieb der erfundungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung vorliegt, kann somit optimal an die individuellen Anforderungen einer Brennkraftmaschine angepasst werden.

[0013] Bei einer vorteilhaften Variante ist die zweite Fluidverbindung im Ventilelement ausgebildet, sperrt die Entlastungsventileinrichtung zum Entlastungsbereich hin und stützt sich das Vorspannelement am Gehäuse mindestens mittelbar ab, wobei der maximale Hub des Ventilelements der Entlastungsventileinrichtung kleiner ist als der maximale Hub des Ventilelements. Bei dieser Variante der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung muss das Ventilelement nur insoweit umgestaltet werden, dass in ihm die zweite Fluidverbindung, beispielsweise in Form eines sich longitudinal im Ventilelement erstreckenden Kanals, ausgebildet ist. Die komplette Entlastungsventileinrichtung kann als zusammenhängende Einheit im zweiten Strömungsraum vorhanden sein. Die Montage dieser Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist daher relativ einfach.

[0014] Alternativ hierzu ist es möglich, dass die zweite Fluidverbindung im Ventilelement ausgebildet ist, die Entlastungsventileinrichtung zum zweiten Strömungsraum hin sperrt, und das Vorspannelement sich an einem Absatz abstützt, welcher in der zweiten Fluidverbindung in dem Ventilelement vorhanden ist. Dies hat den Vorteil, dass der zweite Strömungsraum, da in ihm die Entlastungsventileinrichtung nicht untergebracht werden muss, relativ klein aus-

fallen kann. Hierdurch wird das sogenannte "Schadvolumen" reduziert, was das Emissionsverhalten der mit der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ausgestatteten Brennkraftmaschine verbessert. Insbesondere dürfen sich hierdurch geringere Kohlenwasserstoffemissionen einstellen.

[0015] In beiden vorgenannten Fällen ist es möglich, dass zwischen dem Vorspannelement und dem Gehäuse bzw. dem Absatz ein Zwischenelement angeordnet ist. Mit einem solchen Zwischenelement kann die Vorspannkraft des Vorspannelements auf einfache Art und Weise an die individuellen Einbauverhältnisse angepasst werden.

[0016] Die Erfindung betrifft auch eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, insbesondere Injektor für Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung, mit einem Gehäuse, welches eine Ausnehmung und mindestens eine Kraftstoff-Austrittsöffnung umfasst, mit einem Ventilelement, welches in der Ausnehmung angeordnet ist und mit einem Ventilsitz zusammenarbeitet, und mit einer Fluidverbindung, welche einen Hochdruckanschluss mit einem unmittelbar stromaufwärts vom Ventilsitz angeordneten ersten Strömungsraum verbindet, welcher von einer ersten Druckfläche des Ventilelements begrenzt wird, mit einem stromabwärts vom Ventilsitz ausgebildeten zweiten Strömungsraum, welcher von einer zweiten Druckfläche des Ventilelements begrenzt wird, mit einer zweiten Fluidverbindung, welche von dem zweiten Strömungsraum zu einem Entlastungsbereich führt, und mit einer Entlastungsventileinrichtung, welche die zweite Fluidverbindung bei geschlossenem Ventilelement sperrt und bei geöffnetem Ventilelement freigibt.

[0017] Um die Präzision bei der Einstellung des Druckverlaufs bei einer Bewegung des Ventilelements zu verbessern und gleichzeitig die Herstellkosten niedrig zu halten, wird vorgeschlagen, dass die Entlastungsventileinrichtung ein gehäusefestes Verschlussteil, insbesondere einen Zapfen oder eine Hülse, umfasst, welches bei geschlossenem Ventilelement die zweite Fluidverbindung verschließt. Eine derartige Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist vergleichsweise preiswert herzustellen und arbeitet ohne zusätzliche bewegliche Teile, was ihrer Betriebssicherheit zugute kommt.

[0018] Dabei wird wiederum besonders bevorzugt, wenn das Verschlussteil aus einem elastischen Material hergestellt ist, welches weicher ist als das Material bzw. die Materialien, aus dem bzw. denen das Gehäuse und das Ventilelement hergestellt ist. Bei geschlossenem Ventilelement sorgt die Elastizität des Verschlussteils somit für eine dichte Sperrung der zweiten Fluidverbindung, ohne dass Beschädigungen oder eine Verformung beispielsweise am Ventilelement oder am Gehäuse zu befürchten sind.

[0019] Im Falle einer hydraulischen Steuerung des Ventilelements verfügt die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung über einen Steuerraum, welcher im Allgemeinen durch eine als Druckfläche wirkende axiale Endfläche des Ventilelements begrenzt wird. Um eine Öffnungsbewegung des Ventilelements auszulösen, wird der Druck im Steuerraum kurzzeitig abgesenkt. Dies wird bei einer weiteren Weiterbildung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ausgenutzt, bei welcher der Steuerraum, mit dem die Bewegung des Ventilelements gesteuert wird, als Entlastungsbereich dient.

[0020] Die Erfindung betrifft auch ein Kraftstoffsystem mit einem Kraftstoffbehälter, mit mindestens einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche den Kraftstoff direkt in den Brennraum einer Brennkraftmaschine einspritzt, mit mindestens einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe, und mit einer Kraftstoff-Sammelleitung, an die die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung angeschlossen ist. Um insgesamt das Kraftstoffsystem preiswerter herstellen zu können, wird

• vorgeschlagen, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in der obigen Art ausgebildet ist.

[0021] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Brennraum, in den der Kraftstoff direkt eingespritzt wird. Die Herstellkosten einer solchen Brennkraftmaschine können dadurch reduziert werden, dass sie ein Kraftstoffsystem in der obigen Art aufweist.

10

### Zeichnung

[0022] Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

[0023] Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffsystem und mit mehreren Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen;

[0024] Fig. 2 einen teilweisen Schnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer der Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen von Fig. 1;

[0025] Fig. 3 eine Detailansicht eines Bereichs der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Fig. 2;

[0026] Fig. 4 ein Diagramm, in dem mehrere mögliche Verläufe der Öffnungskraft eines Ventilelements der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der Fig. 2 und 3 über dem Hub des Ventilelements dargestellt sind;

[0027] Fig. 5 eine Ansicht ähnlich Fig. 3 eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung; und

[0028] Fig. 6 eine Darstellung ähnlich Fig. 3 eines dritten Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

35

[0029] In Fig. 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst ein Kraftstoffsystem 12. Teil des Kraftstoffsystems 12 ist wiederum ein Kraftstoffbehälter 14, aus dem eine elektrisch angetriebene Kraftstoffpumpe 16 den Kraftstoff zu einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 fördert. Diese wird mechanisch von einer nicht dargestellten Nockenwelle der Brennkraftmaschine 10 angetrieben.

[0030] Die Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 fördert in eine Kraftstoff-Sammelleitung 20, in der der Kraftstoff unter sehr hohem Druck gespeichert werden kann. Die Kraftstoff-Sammelleitung 20 wird auch als "Common-Rail" bezeichnet. Von der Kraftstoff-Sammelleitung 20 führen Hochdruckleitungen 22 zu Hochdruckanschlüssen 23 von Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 24. Diese spritzen den Kraftstoff direkt in Brennräume 26 der Brennkraftmaschine 10 ein. Dabei ist jedem Brennraum 26 eine eigene Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 zugeordnet. Von jeweils einem Niederdruckanschluss 28 einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 führt eine Niederdruckleitung 30 zurück zum Kraftstoffbehälter 14.

[0031] Der Aufbau eines ersten Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 ist im Detail in den Fig. 2 und 3 dargestellt:

[0032] Die in Fig. 2 dargestellte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 ist als Injektor ausgebildet. Ein solcher Injektor 24 umfasst ein mehrteiliges Gehäuse 32, von dem in Fig. 2 ein Düsenkörper 34 und eine Zwischenscheibe 36 dargestellt sind. Der Düsenkörper 34 und die Zwischenscheibe 36 werden durch eine in der Figur nicht dargestellte Düsenspannmutter gegeneinander verspannt. Der Düsenkörper 34 ist ebenso wie die Zwischenscheibe 36 rotationssymmetrisch aufgebaut. Im Düsenkörper 34 ist eine sacklochartige zentrische Aus-

nehmung 38 vorhanden. Ein in Fig. 2 oberer Abschnitt 40 der Ausnehmung 38 hat einen vergleichsweise großen Durchmesser, wohingegen ein in Fig. 2 unterer Abschnitt 42 der Ausnehmung 38 einen vergleichsweise kleinen Durchmesser aufweist.

[0032] In die Ausnehmung 38 im Düsenkörper 34 ist ein Ventilelement 44 eingesetzt. Dessen Durchmesser ist, mit Ausnahme eines etwas oberhalb der axialen Mitte gelegenen Ringbundes 46, im Wesentlichen konstant. Mit seinem in Fig. 2 unterhalb des Ringbundes 46 gelegenen Bereich wird das Ventilelement 44 von im unteren Abschnitt 42 der Ausnehmung 38 ausgebildet und radial nach innen weisenden Stützflügeln 48 in radialer Richtung gehalten. Zwischen dem Abschnitt 42 der Ausnehmung 38 und dem Ventilelement 44 ist ein erster Strömungsraum 49 vorhanden.

[0033] Das in Fig. 2 untere Ende der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 ist folgendermaßen ausgebildet (vgl. Fig. 3): Das untere Ende des Ventilelements 44 weist eine mittige und in einem rechten Winkel zur Längsachse des Ventilelements 44 ausgerichtete axiale Endfläche 50 auf. Von dieser erstreckt sich eine erste schräge Ringfläche 52 nach radial außen bis zu einer Dichtkante 54. Von der Dichtkante 54 wiederum erstreckt sich nach radial außen eine zweite schräge Ringfläche 56. Die erste schräge Ringfläche 52 ist gegenüber der Längsachse des Ventilelements 44 stärker ange stellt als die zweite schräge Ringfläche 56.

[0034] Im geschlossenen Zustand des Ventilelements 44 liegt die Dichtkante 54 des Ventilelements 44 an einem Ventilsitz 58 an. Dieser ist in einem Einspritzkegel 60 des Düsenkörpers 34 ausgebildet, welcher das untere Ende der Ausnehmung 38 begrenzt. In Fig. 3 unterhalb des Ventilsitzes 58 sind in der Wand des Einspritzkegels 60 mehrere über den Umfang verteilte Kraftstoff-Austrittsöffnungen 62 vorhanden. Diese verbinden einen zwischen dem Ventilelement 44 und der Innenwand des Einspritzkegels 60stromabwärts vom Ventilsitz 58 bzw. der Dichtkante 54 vorhandenen zweiten Strömungsraum 64 mit dem der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 64 zugeordneten Brennraum 26. Der erste Strömungsraum 49 ist stromaufwärts vom Ventilsitz 58 bzw. der Dichtkante 54 angeordnet.

[0035] Das Ventilelement 44 wird in seiner Längsrichtung von einem Strömungskanal 66 durchsetzt. Ein Abschnitt des Strömungskanals 66 weist eine Querschnittsverengung auf, welche eine Strömungsdrossel 67 bildet. Das in den Fig. 2 und 3 untere Ende des Strömungskanals 66 bildet einen Ventilsitz 68, welcher mit einer Ventilkugel 70 einer Entlastungsventileinrichtung 69 zusammenarbeitet. Im geschlossenen Zustand des Ventilelements 44 wird die Ventilkugel 70 von einer mit ihr fest verbundenen Druckfeder 72 gegen den Ventilsitz 68 beaufschlagt. Die Druckfeder 72 stützt sich über ein im Pressitz im Einspritzkegel 60 gehaltenes Zwischenstück 74 am unteren Ende des Einspritzkegels 60 des Düsenkörpers 34 ab.

[0036] Am Zwischenstück 74 ist eine Hülse 76 befestigt, welche die Druckfeder 72 radial außen umgibt. Die Hülse 76 ist etwas länger als die Länge der Druckfeder 72 in jenem Zustand, in dem das Ventilelement 44 geschlossen ist, also die Dichtkante 54 am Ventilsitz 58 anliegt. An dem der Ventilkugel 70 zugewandten Ende der Hülse 76 sind radial nach innen weisende Haltenasen 78 vorhanden. Durch diese wird der Federweg der Druckfeder 72 und der Hub der mit der Druckfeder 72 fest verbundenen Ventilkugel 70 begrenzt.

[0037] Auf den in Fig. 2 oberhalb des Ringbundes 46 gelegenen Bereich des Ventilelements 44 ist ein hülsenförmiger Federhalter 80 aufgeschoben. An diesem stützt sich eine Druckfeder 82 ab, deren dem Federhalter 80 gegenüberliegendes Ende an einer Hülse 84 anliegt, in der eine Zulaufdrossel 85 vorhanden ist. Auf diese Weise wird die Hülse 84

• von der Druckfeder 82 gegen die Zwischenscheibe 36 be aufschlägt. Die Hülse 84 liegt an der Zwischenscheibe 36 mit einer Dichtkante (ohne Bezugszeichen) an.

[0038] Der in Fig. 2 oberhalb des Ringbunds 46 gelegene Bereich des Ventilelements 44 erstreckt sich bis in die Hülse 84 hinein. Der Innendurchmesser der Hülse 84 ist so gewählt, dass der obere Bereich des Ventilelements 44 mit der Hülse 84 gleitend und flüssig zusammenarbeitet. Nach oben hin wird das Ventilelement 44 von einer oberen axialen 10 Endfläche 86 begrenzt. Zwischen der oberen axialen Endfläche 86 des Ventilelements 44, der Hülse 84 und der Zwischenscheibe 36 ist ein Steuerraum 88 gebildet.

[0039] In die Zwischenscheibe 36 ist mittig ein in Längsrichtung der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 verlaufender Abströmkanal 90 eingebbracht. Dieser führt über eine Ablaufdrossel 92 zu einem Steuerventil 94. Vom Steuerventil 94 führt ein Stichkanal 96 zum Niederdruckanschluss 28 bzw. der Niederdruckleitung 30. In der Zwischenscheibe 36 ist auch ein Hochdruckkanal 98 vorhanden, der vom Hochdruckanschluss 23 zu einem zwischen der Hülse 84 und der Wand des oberen Abschnitts 40 der Ausnehmung 38 gebildeten Ringraum 100 führt. Dieser erstreckt sich axial in Fig. 2 nach unten bis in einen Bereich etwas unterhalb des Ringbunds 46 des Ventilelements 44 bis zum ersten Strömungsraum 49.

[0040] Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 arbeitet folgendermaßen:

Im Ruhezustand, wenn in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 kein Druck anliegt, wird das Ventilelement 44 von der Druckfeder 82 mit der Dichtkante 54 gegen den Ventilsitz 58 gedrückt. Sobald über die elektrische Kraftstoffpumpe 16 und die Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 aufgebaut wird, wird dieser über die Hochdruckleitungen 22 und den Hochdruckanschluss 23 der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 sowie den Hochdruckkanal 98 in den Ringraum 100 übertragen. Entsprechend herrscht dieser statische Druck auch im ersten Strömungsraum 49 bis an dessen unteres Ende (Ringfläche 46), welches durch die Dichtkante 54 des Ventilelements 44 und den Ventilsitz 58 im Einspritzkegel 60 gebildet wird.

[0041] Der statische Druck wird auch über die Zulaufdrossel 85 vom Ringraum 100 in den Steuerraum 88 hinein übertragen. Überall in der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 herrscht also der gleiche Druck, nämlich im Wesentlichen der in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 herrschende hohe Systemdruck. Nur in dem zweiten Strömungsraum 64, welcher zwischen dem unteren Ende des Ventilelements 44 und der Innenwand des Einspritzkegels 60 gebildet ist, herrscht dieser Druck nicht, da dieser zweite Strömungsraum 64 durch die am Ventilsitz 58 anliegende Dichtkante 54 des Ventilelements 44 vom ersten Strömungsraum 49 sowie durch die Entlastungsventileinrichtung 69 vom Steuerraum 88 getrennt und über die Austrittsöffnungen 62 mit dem Brennraum 26 verbunden ist.

[0042] Aufgrund des Druckes im Steuerraum 88 ergibt sich an der in Fig. 2 oberen axialen Endfläche 86 des Ventilelements 44 eine Kraftresultierende, welche in Schließrichtung des Ventilelements 44 gerichtet ist. An der radial außen liegenden zweiten schrägen Ringfläche 56 am Ventilelement 44 ergibt sich aufgrund des Druckes im ersten Strömungsraum 49 eine Kraftresultierende, welche in Öffnungsrichtung des Ventilelements 44 gerichtet ist.

[0043] Die Flächenverhältnisse der zweiten schrägen Ringfläche 56 einerseits und der oberen axialen Endfläche 86 sind so aufeinander abgestimmt, dass bei geschlossenem Steuerventil 94, also dann, wenn im Steuerraum 88 in etwa der gleiche Druck herrscht wie im ersten Strömungsraum 49, das Ventilelement 44 noch sicher in der geschlossenen

Position verbleibt.

[0044] Wenn eine Einspritzung von Kraftstoff mittels der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 in den ihr zugeordneten Brennraum 26 erfolgen soll, wird von einer nicht dargestellten Steuerung das Steuerventil 94 kurzzeitig geöffnet. Bei geöffnetem Steuerventil 94 ist jedoch der Steuerraum 88 über den Abströmkanal 90, die Ablaufdrossel 92, den Stichkanal 76, den Niederdruckanschluss 28 und die Niederdruckleitung 30 mit dem Kraftstoffbehälter 14 verbunden. [0045] In diesem herrscht ein wesentlich geringer Druck als in der Kraftstoff-Sammelleitung 20. Somit kommt es zu einem Druckabfall im Steuerraum 88. Entsprechend verringert sich die Schließkraft der Kraftresultierenden, welche an der oberen axialen Endfläche 86 des Ventilelements 44 in dessen Schließrichtung wirkt.

[0046] Die Flächenverhältnisse der zweiten schrägen Ringfläche 56 einerseits und der oberen axialen Endfläche 86 des Ventilelements 44 andererseits, sowie die Federkraft der Druckfeder 82 sind so aufeinander abgestimmt, dass die Kraftresultierende an der zweiten schrägen Ringfläche 56 bei einem Druckabfall im Steuerraum 88 aufgrund eines geöffneten Steuerventils 94 zu einer Öffnungsbewegung des Ventilelements 50 führt. Die Dichtkante 54 des Ventilelements 44 hebt somit vom Ventilsitz 58 ab, so dass im zweiten Strömungsraum 64 nun der Druck ansteigt, da Kraftstoff vom ersten Strömungsraum 49 durch den Spalt zwischen Dichtkante 54 und Ventilsitz 58 in den zweiten Strömungsraum 64 einströmen kann.

[0047] Wenn das Ventilelement 44 sich bewegt, wird die Ventilkugel 70 im ersten Moment zwar noch von der Druckfeder 72 gegen den Ventilsitz 68 gedrückt, so dass der zweite Strömungsraum 64 noch vom Strömungskanal 66 getrennt bleibt. Im weiteren Verlauf der Öffnungsbewegung des Ventilelements 44 kommt jedoch die Druckfeder 72 in Anlage an die Haltenasen 78, wodurch der Hub der Ventilkugel 70 begrenzt wird. Somit hebt die Ventilkugel 70 vom Ventilsitz 68 ab und verbindet den zweiten Strömungsraum 64 über den Strömungskanal 66 mit dem Steuerraum 88. Hierdurch kann zumindest ein Teil des Druckes im zweiten Strömungsraum 64 durch den Strömungskanal 66 in den Steuerraum 88 abgeführt werden. Die Geschwindigkeit, mit der dies geschieht, wird durch die Strömungsdrossel 67 bestimmt.

[0048] Je nach Art der Strömungsdrossel 67 baut sich im zweiten Strömungsraum 64 mehr oder weniger schnell ein Druck auf. Entsprechend liegt an der unteren axialen Endfläche 50 des Ventilelements 44 sowie an der ersten schrägen Ringfläche 52 eine mehr oder weniger große zusätzliche hydraulische Kraft an, welche die Öffnungsbewegung des Ventilelements 44 unterstützt.

[0049] In Fig. 4 sind verschiedene Verläufe einer Öffnungskraft F über einem Hub h des Ventilelements 44 dargestellt. Wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, kann bei einem großen Querschnitt der Strömungsdrossel 67 und einem mehr oder weniger ungehinderten Strömen des Kraftstoffs vom zweiten Strömungsraum 64 in den Steuerraum 88 die in Fig. 4 mit dem Bezugssymbol 102 gekennzeichnete flache Kraft-Hubkurve erzielt werden. Mit einem mittleren Durchmesser der Strömungsdrossel 67 kann die Kraft-Hubkurve 104 in Fig. 4 erzielt werden. Ein kleiner Durchmesser der Strömungsdrossel 67 führt schließlich zu der mit 106 bezeichneten Kurve in Fig. 4. Man sieht aus Fig. 4, dass der Kraftsprung während des Öffnungsvorgangs des Ventilelements 44 umso größer ist, je kleiner der Durchmesser der Strömungsdrossel 67 ist. Dies bedeutet, dass die Auswirkungen von Fertigungstoleranzen einerseits der Dichtkante 54 und andererseits des Ventilsitzes 58 umso geringer sind, je größer der Durchmesser der Strömungsdrossel 67 ist.

[0050] Nun wird auf Fig. 5 Bezug genommen, in der das

untere Ende eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 dargestellt ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel tragen solche Bereiche und Elemente, welche äquivalente Funktionen zu Bereichen und

5 Elementen des in den Fig. 1 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispiels aufweisen, die gleichen Bezugszeichen. Sie sind nicht nochmals im Detail erläutert. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass sich das in Fig. 5 dargestellte Ausführungsbeispiel von dem im Zusammenhang mit den Fig. 1 bis 4 beschriebenen Ausführungsbeispiel nur im Bereich des Einspritzkegels 60 unterscheidet:

Anstelle einer Ventilkugel ist bei dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 ein Verschlusszapfen 70 an die Wand des Einspritzkegels

15 60 angeformt. Möglich ist auch eine Verschraubung oder sonstige starre Befestigung. Der Verschlusszapfen 70 erreckt sich koaxial zum Ventilelement 44 und trägt an seinem dem Ventilelement 44 zugewandten Ende eine kegelige Ausbildung, durch welche eine Dichtkante 71 gebildet wird.

20 Der Verschlusszapfen 70 ist dabei aus einem elastischen Material hergestellt, welches weicher ist als jenes Material, aus dem das Ventilelement 44 und der Düsenkörper 34 hergestellt sind. Die Länge des Verschlusszapfens 70 ist so bemessen, dass bei geschlossenem Ventilelement 44 die Dichtkante 71 am Verschlusszapfen 70 abdichtend am Ventilsitz 68 am unteren Ende des Strömungskanals 66 anliegt.

[0051] Die Funktionsweise der in Fig. 5 dargestellten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 ist analog zu der oben beschriebenen Funktionsweise: Wenn das Ventilelement 44

30 sich so bewegt, dass die Dichtkante 54 vom Ventilsitz 58 abhebt, hebt auch die Dichtkante 71 am Verschlusszapfen 70 vom entsprechenden Ventilsitz 78 am unteren Ende des Strömungskanals 66 im Ventilelement 44 ab. Der Vorteil der in Fig. 5 dargestellten Variante der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 liegt darin, dass der zweite Strömungsraum 64 vergleichsweise klein ausfallen kann, so dass das Schadvolumen, also jenes Kraftstoffvolumen, welches bei geschlossenem Ventilelement 44 aus dem zweiten Strömungsraum 64 in den Brennraum 26 der Brennkraftmaschine 10 gelangen kann, ebenfalls klein ist.

[0052] In Fig. 6 ist nochmals eine dritte Variante einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 dargestellt. Auch hier gilt, dass solche Elemente und Bereiche, welche äquivalente Funktionen zu Elementen und Bereichen der obigen Ausführungsbeispiele aufweisen, die gleichen Bezugszeichen tragen und nicht nochmals im Detail erläutert sind.

[0053] Im Unterschied zu den obigen Ausführungsbeispielen ist das Ventilelement 44 in Fig. 6 zweiteilig ausgebildet. In einem in Fig. 6 unteren Endteil 44b des Ventilelements 44 ist eine Stufenbohrung 66b vorhanden. In deren oberem Teil ist ein Gewinde vorhanden, mit dem das Endteil 44b mit dem Oberteil 44a verschraubt ist. Im unteren Abschnitt des Endteils 44b ist eine Ventilkugel 70 aufgenommen, welche von einer Druckfeder 72 gegen einen Ventilsitz 68 beaufschlagt wird. Die Druckfeder 72 stützt sich an einem Absatz am oberen Teil 44a des Ventilelements 44 ab. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann der zweite Strömungsraum 64 ebenfalls relativ klein bauen, und die Strömungsverhältnisse im zweiten Strömungsraum 64 sind nicht durch dort vorhandene Elemente gestört.

#### Patentansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24), insbesondere Injektor für Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung, mit einem Gehäuse (32), welches eine Ausnehmung (38) und mindestens eine Kraftstoff-Austrittsöffnung (62) umfasst, mit einem Ventilelement (44), wel-

ches in der Ausnehmung (38) angeordnet ist und mit einem Ventilsitz (58) zusammenarbeitet, und mit einer Fluidverbindung (100), welche einen Hochdruckanschluss (23) mit einem unmittelbar stromaufwärts vom Ventilsitz (58) angeordneten ersten Strömungsraum (49) verbindet, welcher von einer ersten Druckfläche (56) des Ventilelements (44) begrenzt wird, mit einem stromabwärts vom Ventilsitz (58) ausgebildeten zweiten Strömungsraum (64), welcher von einer zweiten Druckfläche (50, 52) des Ventilelements (44) begrenzt wird, mit einer zweiten Fluidverbindung (66), welche von dem zweiten Strömungsraum (64) zu einem Entlastungsbereich (88) führt, und mit einer Entlastungsventileinrichtung (70), welche die zweite Fluidverbindung (66) bei geschlossenem Ventilelement (44) sperrt und bei geöffnetem Ventilelement (44) freigibt, dadurch gekennzeichnet, dass die Entlastungsventileinrichtung ein mit dem Ventilelement (44) zusammenwirkendes Ventilteil (70) umfasst, welches von einem Vorspannlement (72) beaufschlagt wird.

2. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der zweiten Fluidverbindung (66) eine Strömungsdrossel (67) angeordnet ist.

3. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Fluidverbindung (66) im Ventilelement (44) ausgebildet ist, die Entlastungsventileinrichtung (70) zum Entlastungsbereich (88) hin sperrt und sich das Vorspannlement (72) am Gehäuse (32) mindestens mittelbar abstützt, wobei der maximale Hub des Ventileils (70) der Entlastungsventileinrichtung kleiner ist als der maximale Hub des Ventilelements (44).

4. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Fluidverbindung (66) im Ventilelement (44) ausgebildet ist, die Entlastungsventileinrichtung (70) zum zweiten Strömungsraum (64) hin sperrt, und das Vorspannlement (72) sich an einem Absatz abstützt, welcher in der zweiten Fluidverbindung (66) in dem Ventilelement (44) vorhanden ist.

5. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Vorspannlement (72) und dem Gehäuse (32) bzw. dem Absatz ein Zwischenelement (74) angeordnet ist.

6. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24), insbesondere Injektor für Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung, mit einem Gehäuse (32), welches eine Ausnehmung (38) und mindestens eine Kraftstoff-Austrittsöffnung (62) umfasst, mit einem Ventilelement (44), welches in der Ausnehmung (38) angeordnet ist und mit einem Ventilsitz (58) zusammenarbeitet, und mit einer Fluidverbindung (100), welche einen Hochdruckanschluss (23) mit einem unmittelbar stromaufwärts vom Ventilsitz (58) angeordneten ersten Strömungsraum (49) verbindet, welcher von einer ersten Druckfläche (56) des Ventilelements (44) begrenzt wird, mit einem stromabwärts vom Ventilsitz (58) ausgebildeten zweiten Strömungsraum (64) welcher von einer zweiten Druckfläche (50, 52) des Ventilelements (44) begrenzt wird, mit einer zweiten Fluidverbindung (66), welche von dem zweiten Strömungsraum (64) zu einem Entlastungsbereich (88) führt, und mit einer Entlastungsventileinrichtung (70), welche die zweite Fluidverbindung (66) bei geschlossenem Ventilelement (44) sperrt und bei geöffnetem Ventilelement (44) freigibt, dadurch gekennzeichnet, dass die Entlastungsventileinrichtung

(70) ein gehäusefestes Verschlussteil, gebildet durch einen Zapfen (70) oder eine Hülse, umfasst, welches bei geschlossenem Ventilelement (44) die zweite Fluidverbindung (66) verschließt.

7. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschlussteil (70) aus einem elastischen Material hergestellt ist, welches weicher ist als das Material bzw. die Materialien, aus dem bzw. denen das Gehäuse (32) und das Ventilelement (44) hergestellt ist.

8. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Steuerraum, mit dem die Bewegung des Ventilelements (44) gesteuert wird, als Entlastungsbereich (88) dient.

9. Kraftstoffsystem (12) mit einem Kraftstoffbehälter (14), mit mindestens einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24), welche den Kraftstoff direkt in den Brennraum (26) einer Brennkraftmaschine (10) einspritzt, mit mindestens einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe (18), und mit einer Kraftstoff-Sammelleitung (20), an die die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist.

10. Brennkraftmaschine (10) mit mindestens einem Brennraum (26), in den der Kraftstoff direkt eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Kraftstoffsystem (12) nach Anspruch 9 aufweist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

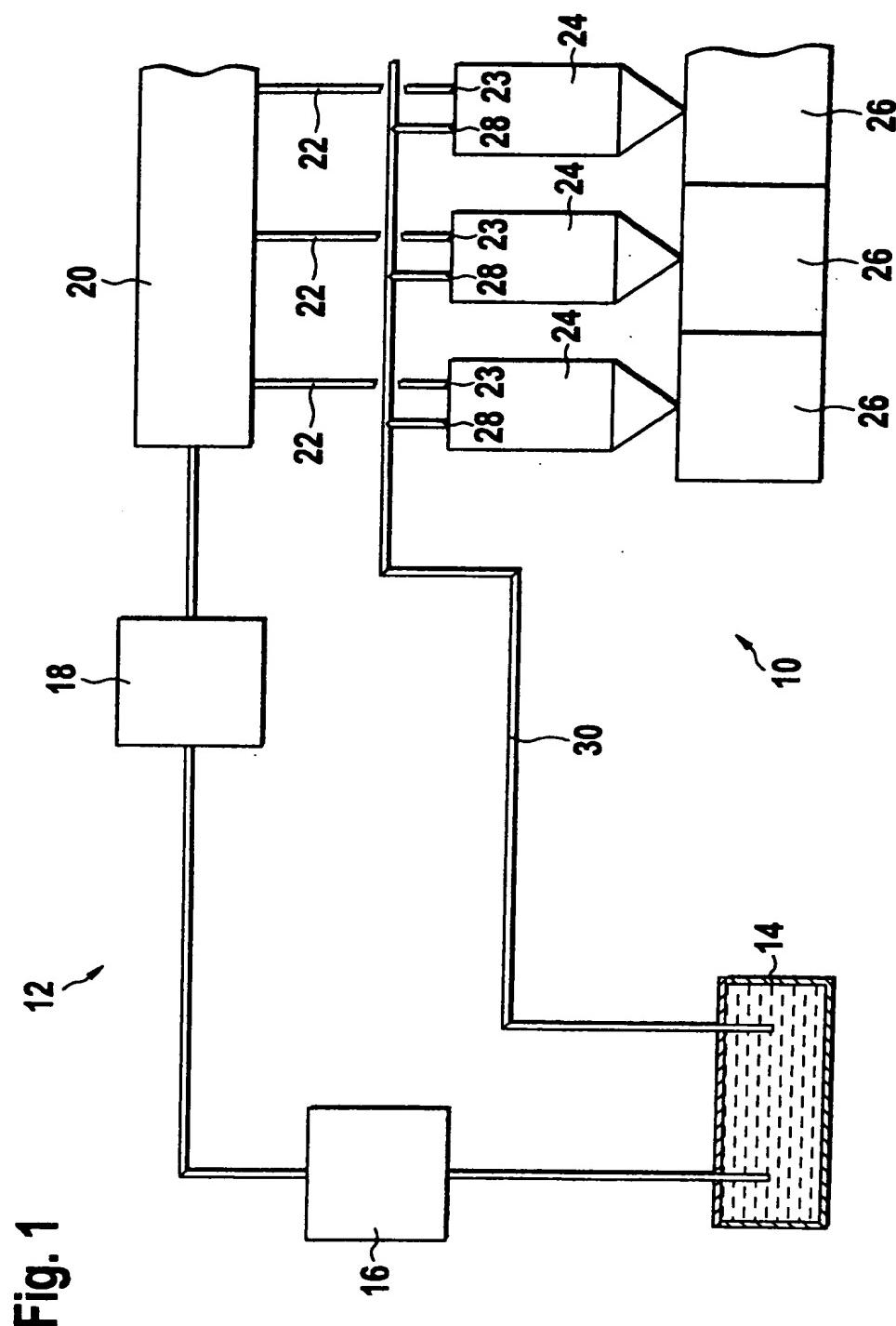
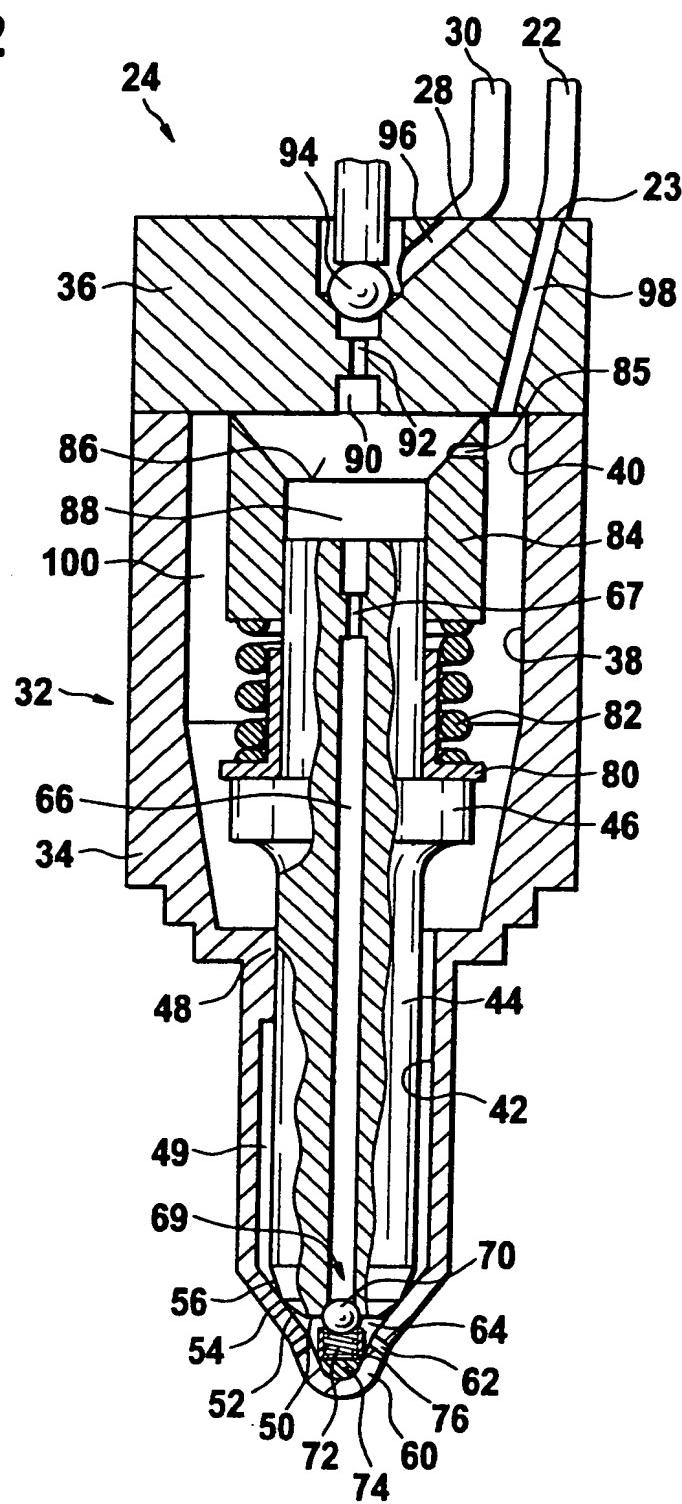
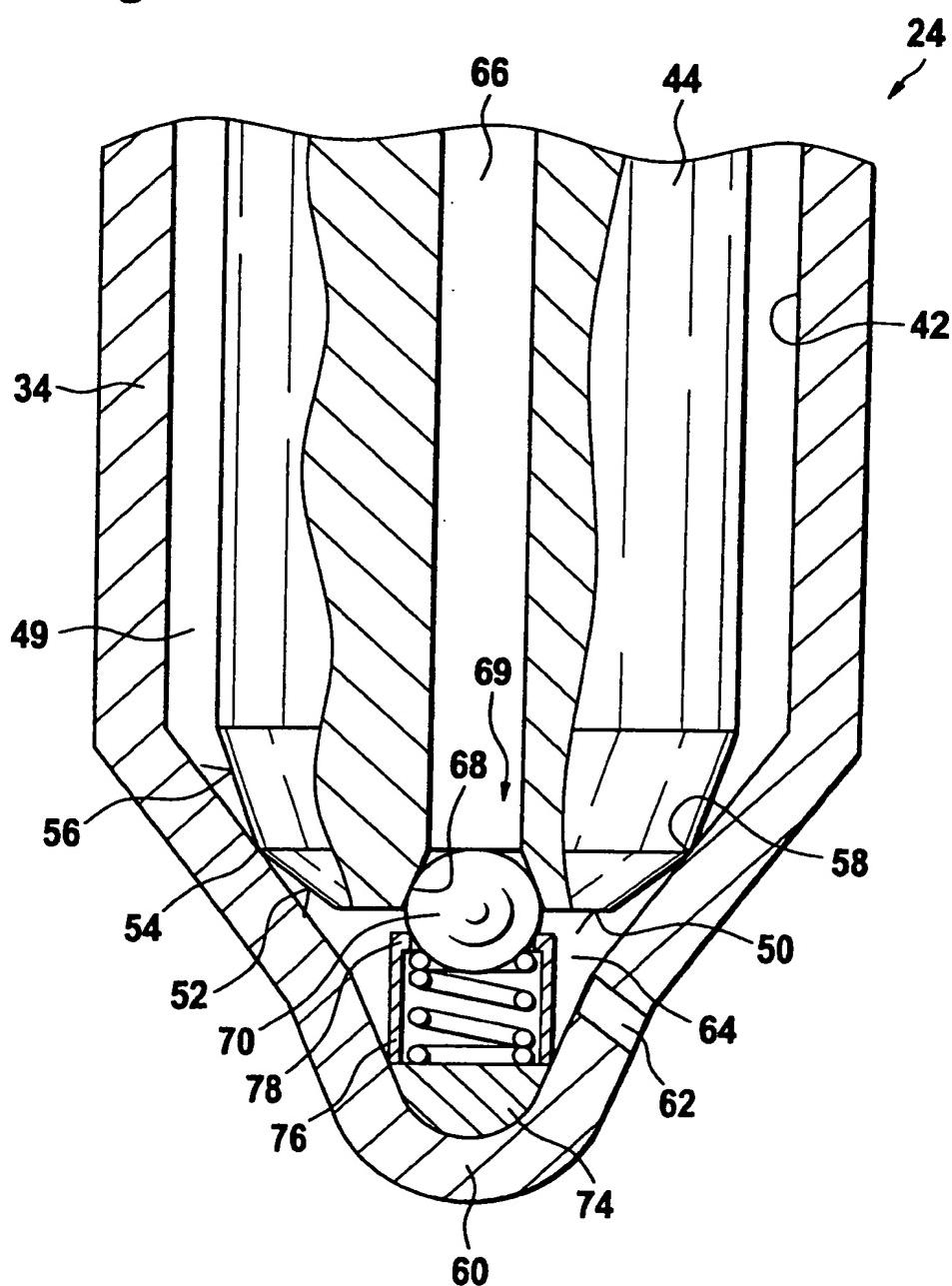
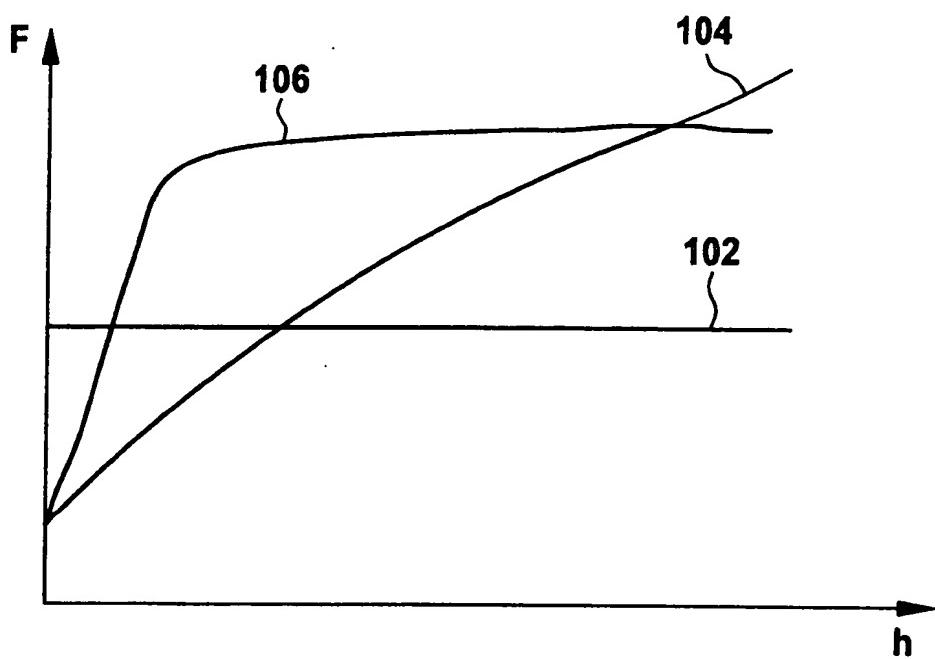


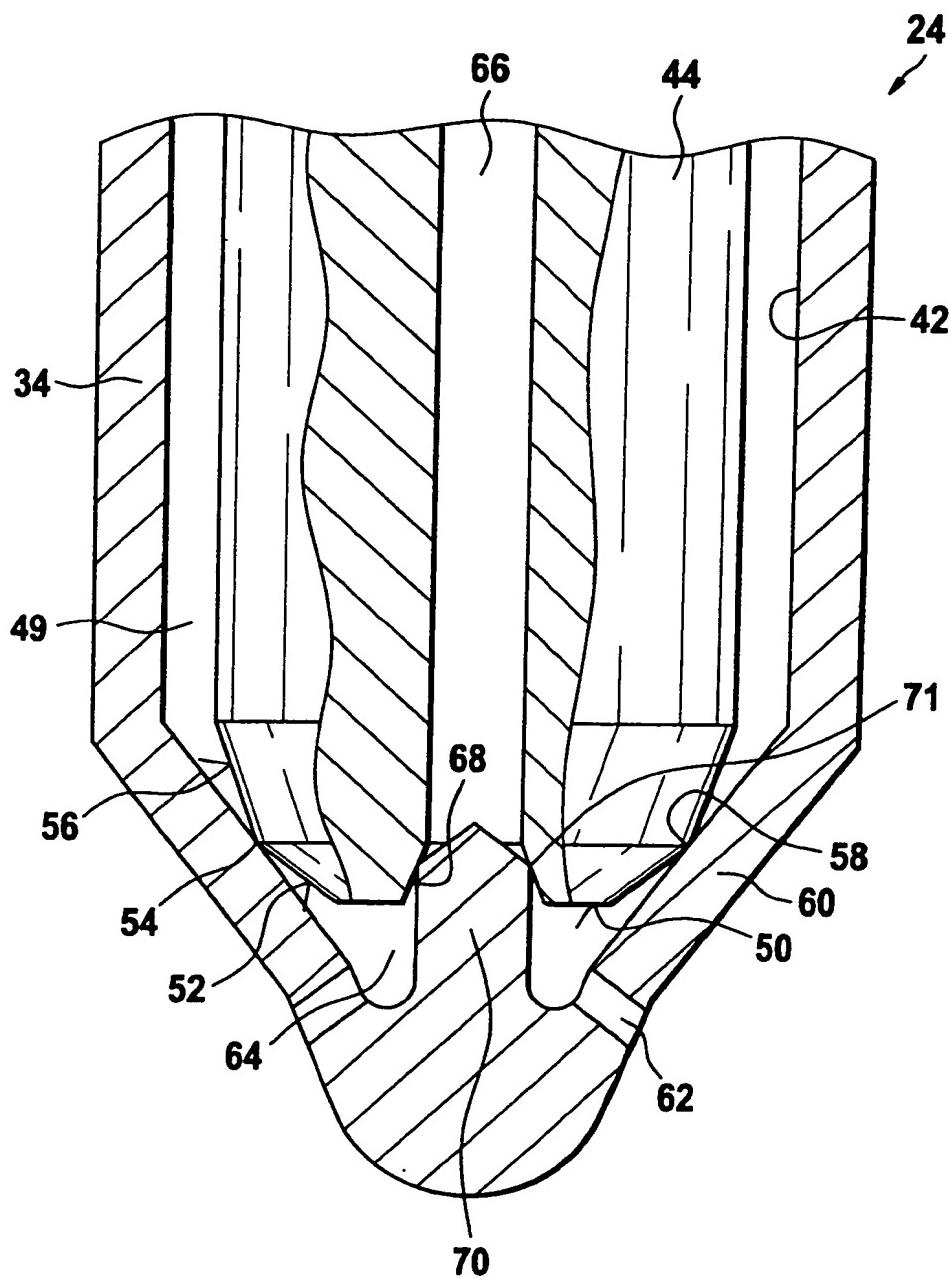
Fig. 1

Fig. 2



**Fig. 3**

**Fig. 4**

**Fig. 5**

**Fig. 6**